

KELIMPAHAN BAKTERI HETEROTROF PADA TAMBAK DENGAN JENIS MANGROVE YANG BERBEDA DI PULOKERTO PASURUAN

HETEROTROF BACTERIA ABUNDANCE IN THE POND WITH THE TYPE OF DIFFERENT MANGROVE IN PULOKERTO PASURUAN

Tri Ari Setyastuti^{1*}, Indah Puspitasari¹, Dwi Sukamto¹, Anja Asmarany¹

¹Program Studi Teknik Penanganan Patologi Perikanan,
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo, Sidoarjo

*E-mail: tasetyastuti@gmail.com

ABSTRACT

*The Mangrove Study Center is the development of silvofishery ponds with several types of mangroves including *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Avicennia alba* and *Sonneratia alba*. This study aims to characterize bacteria in different mangrove cover. Excessive litter can result in the accumulation of organic matter and increase the degree of acidity of the waters in silvofishery ponds. However, the presence of heterotroph bacteria that are able to decompose organic matter in water has an important role in maintaining the balance of silvofishery pond ecosystems, especially in plots with a high percentage of mangrove cover (> 50%). Silvofishery pond planning using different types of mangroves is expected to give different results, due to differences in the amount of litter that falls and the content of active ingredients that are as antibacterial possessed by different types of mangroves. The method used is a field scale experimental with the parameters of the abundance of heterotrophic bacteria in waters and water quality which includes pH, temperature and salinity. From the results of the study, it was found that the abundance of heterotroph bacteria in silvofishery plots with *Avicennia marina* mangrove was higher than that of *Rhizophora mucronata* mangrove silvofisheries and water quality parameters that affected the abundance of heterotroph bacteria were pH, while the temperature and salinity did not affect the abundance of heterotrophic silvofishery mangrove in the silvofishery plot.*

Keywords: mangrove, silvofisheries, heterotrophic bacteria

ABSTRAK

Pusat Studi Mangrove merupakan pengembangan tambak silvofisheries dengan beberapa jenis mangrove diantaranya adalah *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Avicennia alba* dan *Sonneratia alba*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi bakteri pada tutupan mangrove yang berbeda. Serasah yang berlebihan dapat mengakibatkan menumpuknya bahan organik dan meningkatkan derajat keasaman perairan pada tambak silvofisheries. Namun keberadaan bakteri heterotroph yang mampu menguraikan bahan organik diperairan memiliki peran penting dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem tambak silvofisheries terutama pada petakan dengan persentase tutupan mangrove yang tinggi (>50%). Perencanaan tambak silvofisheries dengan menggunakan jenis mangrove yang berbeda diduga akan memberikan hasil yang berbeda, karena adanya perbedaan pada jumlah serasah yang jatuh serta kandungan bahan aktif yang bersifat sebagai antibakteri yang dimiliki jenis mangrove yang berbeda pula. Metode yang digunakan adalah eksperimental skala lapangan dengan parameter kelimpahan bakteri heterotrof di perairan dan kualitas Air yang meliputi pH, suhu dan salinitas. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kelimpahan bakteri heterotroph pada petakan silvofisheries dengan mangrove *Avicennia marina* lebih tinggi daripada petakan silvofisheries mangrove *Rhizophora mucronata* dan parameter kualitas air yang mempengaruhi kelimpahan bakteri heterotroph adalah pH, sedangkan suhu serta salinitas tidak memberikan pengaruh terhadap kelimpahan bakteri heterotroph pada petakan silvofisheries.

Kata Kunci : mangrove, silvofisheries, bakteri heterotrof

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mangrove merupakan vegetasi yang memiliki peranan penting yang tumbuh di daerah pesisir. Mangrove berfungsi sebagai pelindung pesisir dari erosi, ombak, dan juga menjadi perangkap sedimen. Selain itu, ekosistem mangrove berperan sebagai penyumbang (sumber) nutrisi ke ekosistem pesisir. Tingginya guguran dari mangrove, degradasi dan remineralisasinya menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap tingginya kandungan nutrisi di sedimen mangrove (Silva *et al.* 2007). Menurut Howarth & Marino (2006), nitrogen (N) merupakan faktor pembatas yang kritis untuk produktivitas primer dalam sistem pesisir. Ekosistem mangrove menyediakan relung ekologis untuk mikroba yang memiliki peran beragam dalam daur ulang nutrisi (Sahoo & Dhal 2008). Siklus N di area mangrove paling utama dilakukan oleh mikroba dibandingkan dengan proses kimia (Alongi *et al.* 1992 diacu dalam Fernandes *et al.* 2012). Wilayah perairan pesisir Pasuruan yang mempunyai hutan mangrove, sering digunakan untuk membuang limbah industri maupun limbah pengolahan perikanan sedang hutan mangrove mempunyai fungsi sebagai penetral limbah karena didalamnya terdapat kehidupan berbagai mikroba yang mempunyai potensi sebagai bioremediasi. Stasiun lapangan praktek milik Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo berada di pesisir Kabupaten Pasuruan tepatnya pada kecamatan Kraton desa Pulokerto, yang terdapat Pusat Studi Mangrove di dalamnya.

Pada Pusat Studi Mangrove terdapat beberapa jenis mangrove diantaranya adalah *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Avicennia alba* dan *Sonneratia alba*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi bakteri pada tutupan mangrove tersebut.

Keberadaan bakteri di ekosistem mangrove memiliki arti yang sangat

penting dalam menguraikan serasah daun mangrove menjadi bahan organik yang digunakan sebagai sumber nutrisi bagi organisme yang mendiami hutan mangrove (Zamroni dan Rohyani, 2008; Mahmudi, 2010). Bakteri dan fungi adalah mikroorganisme yang melakukan proses dekomposisi. Hasil dari dekomposisi merupakan mineral dan unsur nutrisi yang sangat dibutuhkan bagi ekosistem mangrove dan pertumbuhan mangrove itu sendiri. Ekosistem mangrove yang baik akan menghasilkan detritus yang merupakan makanan bagi invertebrata. Organisme pemakan detritus yang selanjutnya akan dimakan oleh ikan dan Crustacea lainnya (Dahuri *et al.*, 2008)

Bakteri memainkan peran penting dalam ekosistem mangrove. Keberadaan dan keanekaragaman bakteri dalam ekosistem mangrove dipengaruhi oleh faktor salinitas, pH, fisik, iklim, vegetasi, nutrisi dan lokasi (Hrenovic *et al.*, 2003). Diketahui beberapa bakteri fotosintesis memainkan peranan dalam ekosistem mangrove melalui proses fotosintesis, fiksasi nitrogen, metanogenesis, produksi enzim dan penghasil antibiotik (Lyla dan Ajmal, 2006). Bakteri merupakan penentu dalam siklus nitrogen pada lingkungan mangrove. Cyanobacteria laut adalah komponen mikrobiota penting yang berperan dalam penyusunan sumber nitrogen pada ekosistem mangrove (Kathiresan dan Bingham, 2001).

Aktivitas bakteri pada bahan organik adalah remineralisasi dan juga memisahkan karbon organik menjadi bentuk biomassa bakteri (Boulton dan Boon, 1991). Aktivitas bakteri dalam siklus unsur hara pada sedimen adalah suatu hal yang tidak bisa dipisahkan. Aktivitas bakteri tersebut tergantung pada ketersediaan karbon-karbon yang dioksidasi (Pollard *et al.*, 1993).

Daur bahan organik di laut sama dengan daur organik di lingkungan air tawar dan di darat. Karbon bersama-sama dengan unsur lainnya seperti fosfor (P)

dan nitrogen (N) melalui proses fotosintesis menghasilkan jaringan tumbuh-tumbuhan yang menjadi makanan hewan. Keduanya menghasilkan zat organik, jika mati dan membusuk dihasilkan bahan mentah untuk memulai daur bahan organik (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Peran aktif bakteri mutlak diperlukan dalam proses dekomposisi di perairan mangrove. Bakteri akan menguraikan serasah secara enzimatik melalui peran aktif dari enzim proteolitik, selulolitik dan kitinoklastik. Bakteri kelompok proteolitik berperan dalam proses dekomposisi protein adalah *Pseudomonas*, sedangkan Kelompok bakteri yang berperan dalam proses dekomposisi selulosa adalah bakteri *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, kelompok bakteri yang mendekomposisi kitin meliputi *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Vibrio* (Lyla dan Ajmal, 2006).

1.2. Rumusan Masalah

Pusat Studi Mangrove Pulokerto mengembangkan sistem *sustainable aquaculture* dengan menerapkan sistem *silvofisheries* dengan beberapa jenis mangrove. Penanaman mangrove yang sudah dilakukan selama kurang lebih 10 tahun ini menghasilkan beberapa petakan yang memiliki persentase tutupan mangrove 80%. Mangrove digunakan untuk revitalisasi tambak di Pulokerto Pasuruan. Sebagai media *nursing ground* yang baik bagi udang, benih ikan maupun biota akuatik lainnya, mangrove diharapkan dapat mengembalikan keseimbangan ekosistem pesisir sehingga dapat menjadi lokasi yang ideal untuk kegiatan budidaya udang.

Permasalahan timbul ketika jumlah serasah yang semakin banyak seiring dengan bertambahnya persentase tutupan mangrove terhadap tambak *silvofishery*. Serasah yang berlebihan dapat mengakibatkan menumpuknya bahan organik dan meningkatkan derajat

keasaman perairan pada tambak *silvofishery*. Namun keberadaan bakteri heterotroph yang mampu menguraikan bahan organik di perairan memiliki peran penting dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem tambak *silvofishery* terutama pada petakan dengan persentase tutupan mangrove yang tinggi (>50%).

Perencanaan tambak *silvofishery* dengan menggunakan jenis mangrove yang berbeda diduga akan memberikan hasil yang berbeda, karena adanya perbedaan pada jumlah serasah yang jatuh serta kandungan bahan aktif yang bersifat sebagai antibakteri yang dimiliki jenis mangrove yang berbeda pula. Dengan demikian, informasi mengenai kelimpahan total bakteri heterotroph pada tambak dengan jenis mangrove yang berbeda di *Mangrove centre* Pulokerto Pasuruan sangat diperlukan. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan total bakteri heterotroph pada tambak *silvofishery* mangrove dengan jenis mangrove yang berbeda

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 3 (tiga) bulan mulai Mei sampai dengan Juli 2018. Penelitian dilakukan pada petakan *silvofisheries* milik Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo di Desa Pulokerto, Kec. Kraton, Kab. Pasuruan.

2.2. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan seminggu sekali, selama 2 bulan, menggunakan botol sampel PE.

Pengambilan sampel dilakukan pada 5 titik sampel yang terdiri dari; 1 petakan tambak tanpa mangrove (kerapatan 0%). 2 petakan tambak yang ditanami mangrove *Avicennia marina*, dengan kerapatan 25% dan 50%. 2 petakan tambak yang ditanami mangrove *Rhizophora mucronata*, dengan kerapatan 25% dan 50%

2.2.1. Pengukuran Sampel

a. Persiapan media tanam

Persiapan media tanam dilakukan pada 1 hari sebelum penanaman sampel. Media yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri heterotroph adalah media agar R2A. Media R2A sebanyak 0,4 gram dilarutkan kedalam 20 ml aquadest. Larutan kemudian dipanaskan sambil diaduk sampai mendidih. Larutan disterilisasi menggunakan autoclave pada 121 °C selama 15 menit. Larutan media yang steril didiamkan sampai hangat kuku, kemudian dituangkan ke cawan petri dengan metode aseptik. Kemudian media didalam cawan petri didiamkan sampai membeku menjadi agar. Agar R2A dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang, untuk memastikan media tidak terkontaminasi. Jika tidak tumbuh bakteri setelah 24 jam, maka media dinyatakan steril dan dapat digunakan sebagai media tanam bakteri.

b. Penanaman bakteri

Sampel air tambak ditanam pada media selektif R2A agar dengan metode *Pour Plate* sebanyak 0.1 ml. Bakteri heterotroph akan tumbuh setelah masa inkubasi 24 jam. Bakteri heterotroph dihitung jumlahnya menggunakan *Colony Counter*.

Sampel untuk pengukuran bakteri dibawa ke laboratorium untuk dilakukan penanaman bakteri. Media penanaman bakteri yang digunakan adalah Media Agar Selektif R2A. Perhitungan

kelimpahan bakteri dilakukan setelah bakteri diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Kualitas Air yang diukur segera setelah pengambilan sampel; DO, NO₂, NO₃, NH₄, pH, H₂S, Suhu, Salinitas dan warna air.

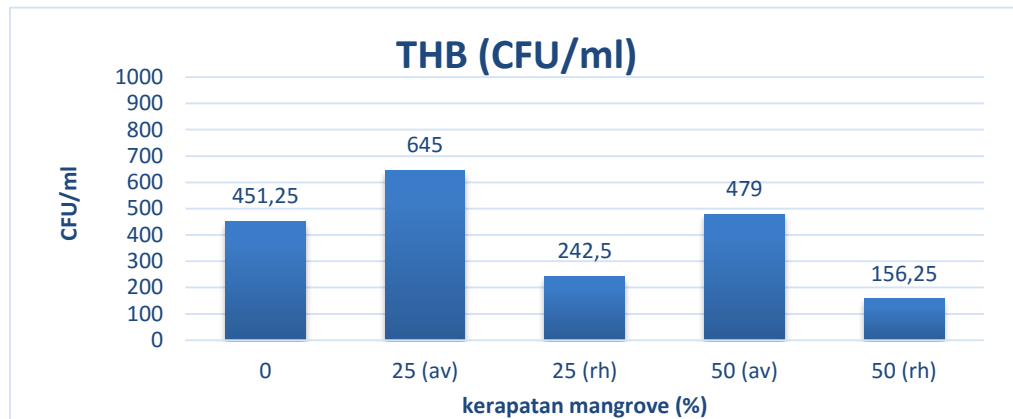
2.3. Analisa Data

Data hasil pengukuran diolah dan dianalisa menggunakan software Excell 2016 dan Minitab versi 16. ANOVA *one-way test* dan *Turkey test* digunakan untuk menganalisa perbedaan signifikan dari kelimpahan bakteri terhadap persentase luas tutupan mangrove. *Pearson Correlation test* digunakan untuk mengetahui hubungan antara kelimpahan bakteri dengan setiap parameter kualitas air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kelimpahan Bakteri Heterotrof

3.1.1. Kelimpahan Bakteri Heterotrof pada Mangrove *Rhizophora* dan *Avicennia* Hasil yang diperoleh dari pengamatan adalah kelimpahan bakteri heterotroph tidak mencapai 10³ CFU/ml pada seluruh petakan silvofisheries mangrove. Baik pada petakan dengan mangrove *Rhizophora mucronata* maupun *Avicennia marina* dengan kerapatan masing-masing 25% dan 50%. Bakteri heterotroph yang terdapat pada petakan tambak silvofisheries dengan tanaman mangrove *Avicennia marina* terlihat lebih banyak daripada yang terdapat pada tambak silvofisheries dengan mangrove *Rhizophora mucronata* (Gambar 1).



Gambar 1. Kelimpahan bakteri heterotroph pada petakan *silvofishery* yang ditanami mangrove *Avicenia marina* dan *Rhizophora mucronata* dengan kerapatan yang berbeda

Hal ini disebabkan oleh kandungan bahan organik yang terdapat pada petakan *sivofisheries* dengan mangrove *Avicenia* sp. lebih banyak daripada petakan dengan mangrove *Rhizophora* sp., seperti yang telah disebutkan sebelumnya oleh Siska, dkk (2016), bahwa laju dekomposisi serasah pada *A. marina* ($k=0.83$) lebih tinggi dari pada mangrove *R. apiculata* ($k = 0.41$). Dengan banyaknya bahan organik yang dihasilkan dari serasah mangrove, maka bakteri heterotroph, yang menggunakan bahan organik sebagai sumber energinya, lebih cepat tumbuh pada petakan *silvofisheries* mangrove *Avicennia* dengan kandungan organik yang lebih tinggi daripada petakan *silvofisheries* mangrove.

Bakteri heterotrofik menggunakan senyawa organik sebagai sumber karbon. Komunitas ini dapat meminimalkan akumulasi amonia di kolom air melalui penggabungan sebagai biomassa bakteri. Dalam kondisi yang sesuai (suhu, rasio karbon: nitrogen, pH, dll.), bakteri memiliki pertumbuhan yang cepat. Leonard, dkk. (2000) memperkirakan bahwa waktu generasi untuk populasi heterotrofik yang dapat bertahan bebas adalah sekitar 2.5 jam dalam kondisi laboratorium.

Bakteri heterotrofik memanfaatkan gula, alkohol, dan asam organik sebagai sumber energi tetapi ada pada spesies khusus yang mampu menguraikan selulosa, lignin, kitin, keratin, hidrokarbon, fenol, dan zat lain (Glazer dan Nikaido, 2007). Bakteri heterotrofik mampu menjajah keanekaragaman lingkungan yang tinggi; mereka umum di tanah, air tawar, dan air asin. Lingkungan akuatik bertanggung jawab untuk mendaur ulang jumlah tinggi bahan organik terlarut dan partikulat, memainkan salah satu peran paling penting dalam jaring makanan (Van dan Meyer-Reil, 1982). Dalam sistem bioflok, bakteri heterotrofik menjajah tinja, molts, organisme mati, dan makanan yang tidak dikonsumsi untuk menghasilkan biomassa bakteri, yang dikonsumsi oleh detritivora (Avnimelech, 2015). Brown, dkk. (1996) mengevaluasi komposisi biokimia dari tujuh jenis bakteri laut dan melaporkan kandungan protein (berat kering) 29-49%, karbohidrat 2.5-11.2, lipid 4-6%, dan, tambahan, keberadaan semua asam amino esensial. Komunitas bakteri Chemoautotrophic (misal; Bakteri nitrifikasi) memperoleh energi melalui oksidasi senyawa nitrogen beracun. Bakteri nitrifikasi secara alami dipromosikan oleh adanya amonia dan nitrit serta akumulasi

bahan flokulasi (digunakan sebagai substrat).

Alkalinitas yang dikonsumsi oleh mikroorganisme ini harus diganti oleh sumber yang berbeda (misal; Natrium bikarbonat, kalsium karbonat, atau kalsium hidroksida (Furtado, dkk., 2011). Dalam kondisi laboratorium, waktu pembuatan bakteri pengoksidasi amonia diperkirakan 25 jam dan nitrit oksidator menjadi 60 jam Leonard, dkk. (2000).

Bakteri nitrifikasi berkembang dalam beragam lingkungan (Koops dan Pommerening-Röser, 2001). Selain oksigen, senyawa nitrogen beracun adalah masalah utama ke dalam sistem bioflok. Sumber utama amonia adalah ekskresi organisme yang dikultur dan penguraian materi tak hidup (terlarut dan partikulat). Dalam BFT, tiga jalur konversi nitrogen terjadi untuk menghilangkan nitrogen amonia: (a) penghapusan fotoautotrofik oleh ganggang, (b) konversi bakteri autotrofik dari amonia menjadi nitrat, dan (c) konversi bakteri heterotrofik nitrogen amonia langsung ke biomassa mikroba (Ebeling, dkk., 2006). Dalam jangka panjang, proses yang paling efisien adalah autotrophic, di mana dua kelompok bakteri terlibat: (a) bakteri pengoksidasi amonia, yang memperoleh energinya dengan mengkatalisis amoniak yang terorganisir menjadi nitrit, termasuk genera *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus*, dan *Nitrosovibrio* dan (b) bakteri pengoksidasi nitrit, yang memetabolisme nitrit menjadi nitrat, termasuk genera *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*, dan *Nitrospina* (Hagopian dan Riley, 1998).

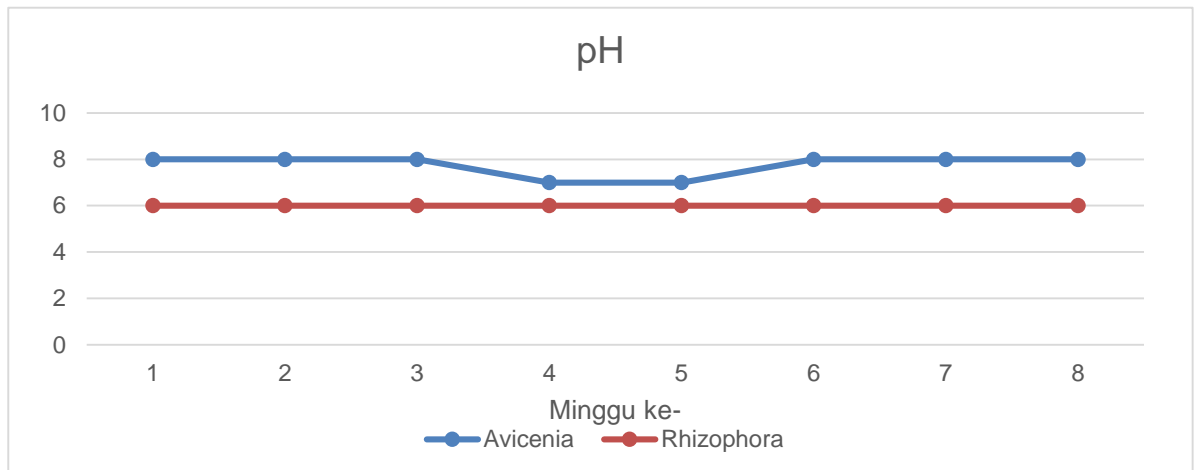
4.1.2. Kelimpahan Bakteri Heterotrof dan Kualitas Air

a. Parameter pH

Petakan silvofisheries dengan kerapatan mangrove yang lebih tinggi (50%) memiliki kelimpahan bakteri heterotroph yang lebih rendah dibandingkan petakan dengan kerapatan

mangrove yang lebih rendah (25%) (Gambar 1). Hal ini disebabkan oleh kualitas air yang terdapat pada petakan dengan kerapatan yang lebih tinggi berbeda dengan kualitas air dengan kerapatan lebih rendah. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air pada petakan pada Gambar 2, diketahui bahwa rerata pH pada petakan silvofisheries dengan mangrove *A. marina* memiliki pH lebih tinggi dari pada petakan silvofisheries dengan mangrove *R. mucronata*. Dengan kata lain, petakan mangrove *Avicennia* lebih bersifat alkaline dan hal ini merupakan kondisi perairan yang lebih baik bagi bakteri heterotroph untuk dapat tumbuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mayo dan Noike (1996), bahwa bakteri heterotroph tumbuh lebih lambat pada media dengan pH rendah.

Petakan silvofisheries dengan kerapatan mangrove yang lebih tinggi (50%) memiliki kelimpahan bakteri heterotroph yang lebih rendah dibandingkan petakan dengan kerapatan mangrove yang lebih rendah (25%) (Gambar 1). Hal ini disebabkan oleh kualitas air yang terdapat pada petakan dengan kerapatan yang lebih tinggi berbeda dengan kualitas air dengan kerapatan lebih rendah. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air pada petakan pada Gambar 2, diketahui bahwa rerata pH pada petakan silvofisheries dengan mangrove *A. marina* memiliki pH lebih tinggi dari pada petakan silvofisheries dengan mangrove *R. mucronata*. Dengan kata lain, petakan mangrove *Avicennia* lebih bersifat alkaline dan hal ini merupakan kondisi perairan yang lebih baik bagi bakteri heterotroph untuk dapat tumbuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mayo dan Noike (1996), bahwa bakteri heterotroph tumbuh lebih lambat pada media dengan pH rendah.

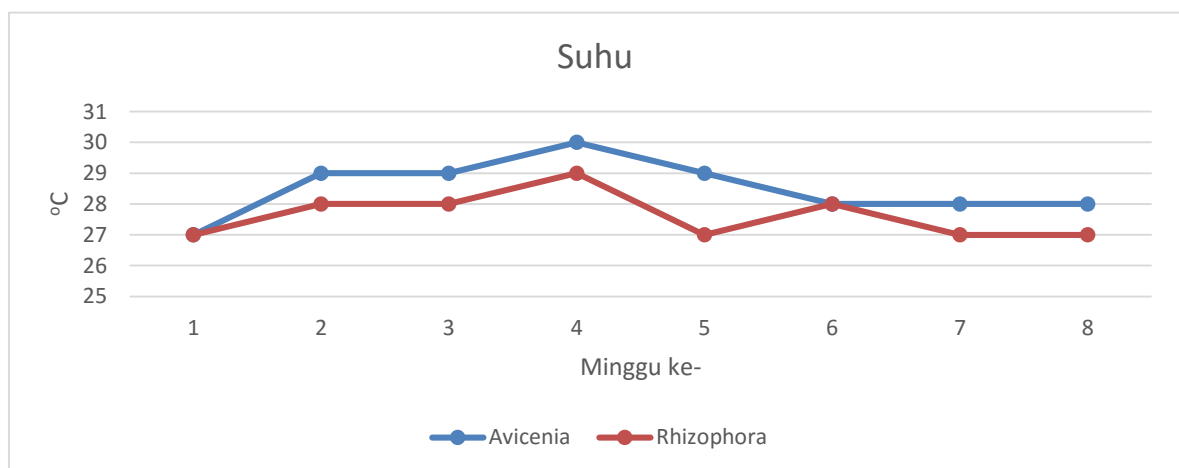


Gambar 2. Dinamika parameter kualitas air pH pada petakan silvofisheries dengan mangrove *A. marina* dan *R. mucronata*

b. Parameter Suhu

Berdasarkan hasil pengamatan selama 8 minggu, terdapat perbedaan rerata suhu antara petakan silvofisheries mangrove dengan tanaman *Avicenia* dan *Rhizophora*. Dinamika kualitas air pada Gambar 3 menunjukkan bahwa rerata suhu pada petakan silvofisheris mangrove *Avicenia* lebih tinggi (28.5°C) dari pada pada *Rhizophora* (27.6°C), namun tidak berbeda secara signifikan ($P>0.05$).

Hal ini menunjukkan perbedaan kelimpahan bakteri heterotroph pada kedua petakan (Gambar 1) tidak berhubungan langsung dengan perbedaan suhu. Pernyataan yang serupa juga nyatakan oleh Mayo dan Noike (1996), bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada jumlah sel bakteri heterotroph yang tumbuh pada suhu 20 dan suhu 30°C. Disebutkan pula bahwa perbedaan koloni bakteri lebih disebabkan oleh adanya perbedaan pH media tumbuh.

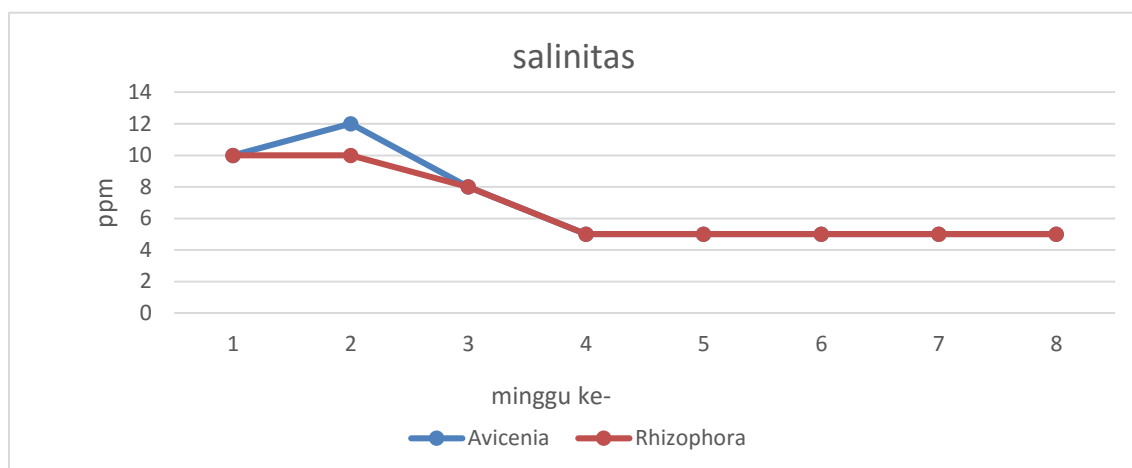


Gambar 3. Dinamika parameter kualitas air suhu pada petakan silvofisheries dengan mangrove *A. marina* dan *R. Mucronata*

c. Parameter Salinitas

Hasil pengamatan terhadap parameter kualitas air salinitas menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan ($P > 0.05$) antara petakan silvofiseries dengan mangrove *Avicennia* dan *Rhizophora* (Gambar 4). Rerata salinitas pada petakan dengan mangrove *Avicennia* adalah 6.9 ppm dan rerata salinitas pada petakan dengan mangrove *Rhizophora* adalah 6.6 ppm. Berdasarkan grafik pada Gambar 4, terjadi penurunan salinitas pada minggu ke-2. Hal ini disebabkan karena adanya musim hujan, yang menyebabkan salinitas air petakan tambak menjadi cenderung tawar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Feliatra, dkk., (2019), bakteri heterotroph memiliki kemampuan menghasilkan metabolit sekunder yang mampu menjadi antipathogen bagi bakteri merugikan. Bakteri heterotrofik yang mampu hidup pada salinitas rendah ini, ditemukan dapat berfungsi sebagai antipathogens yang lebih baik bagi *Vibrio* sp dibandingkan dengan *Pseudomonas* sp. (Feliatra, dkk., 2019).



Gambar 4. Dinamika parameter kualitas air salinitas pada petakan silvofiseries dengan mangrove *A. marina* dan *R. mucronata*

4. KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini antara lain :

- Kelimpahan bakteri heterotroph pada petakan silvofiseries dengan mangrove *Avicennia marina* lebih tinggi daripada petakan silvofiseries mangrove *Rhizophora mucronata*.

- Parameter kualitas air yang mempengaruhi kelimpahan bakteri heterotroph adalah pH, sedangkan suhu serta salinitas tidak memberikan pengaruh terhadap kelimpahan bakteri heterotroph pada petakan silvifiseries.

DAFTAR PUSTAKA

- Avnimelech Y. 2015. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. 3rd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- Brown MR, Barrett SM, Volkman JK, Nearhos SP, Nell JA, Allan GL. 1996. Biochemical composition of new yeasts and bacteria evaluated as food for bivalve aquaculture. *Aquaculture*. 143(3):341–360.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P. & Sitepu. 2008. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* : 257(1):346–358.
- Febrianti, D., Widiani, L., dan Suryani, A.A. 2010. Pendekatan Teknologi Bioflok Berbasis Probiotik *Bacillus subtilis* pada Tambak Undang Vaname *Litopenaeus vannamei*. Institut Pertanian Bogor. 21 hal.
- Feliatra, F., Hamdani, R., Lukystyowati, L, dan Nurachmi, I. 2019. Sensitivity of Heterotrophic Bacteria in the Low-Salinity Water Areas and Estuary in Siak District toward Pathogenic Bacteria in Fish. *Hindawi-International Journal of Microbiology*. Volume 2019, Article ID 7456410, 8 pages.
- Furtado PS, Poersch LH, Wasielesky W. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture* : 321(1):130–135.
- Gina, H., M.G. Antonia & Y. Bashan, 1992. Two new nitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of mangrove trees: Their isolation, identification and in vitro interaction with rhizosphere *Staphylococcus* sp. *FEMS Microbiol. Ecol.* 101:207- 216.
- Glazer AN, Nikaido H. 2007. Microbial Biotechnology: fundamentals of Applied Microbiology. Cambridge University Press, Cambridge, New York, USA.
- Gunawati, R.M. 2002. Keberadaan Bakteri Probiotik dan Hubungannya dengan Karakteristik Kimia Air dalam Kondisi Laboratorium. SKripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan . Institut Pertanian Bogor. 68 hal.
- Hagopian DS, Riley JG. 1998. A closer look at the bacteriology of nitrification. *Aquacultural Engineering*. 18:223–244.
- Halidah dan H. Kama. 2013. Penyebaran alami *Avicennia marina* (Forsk) Vierh dan *Sonneratia Alba* Smith pada Substrat pasir di Desa Tiwoho, Sulawesi Utara. *Indonesian Rehabilitation Forest Journal*, 1 (1) 51-58. Bogor.
- Halidah. 2014. *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove yang kaya manfaat. *Info Teknis EBONI* Vol. 11 No. 1: 37 – 44.
- Hrenovic, J., Damir, V., & Bozidar, S. 2003. Influence of Nutrients and Salinity on Heterotrophic and Coliform Bacteria in the Shallow, Karstic Zrmanja Estuary (Eastern Adriatic Sea). *Cevre Dergisi*. 46:29-37.
- Joseph, I.A & P. Raj. 2007. Isolation and characterization of phytase producing *Bacillus* strains from mangrove ecosystem. *J. Mar. Biol. Assoc. India*. 49(2):177-182.
- Kamal, E. 2011. Keragaman dan Kelimpahan Sumberdaya Ikan di Perairan Hutan Mangrove Pulau

- Unggas Air Bangis Pasaman Barat. *Biota*. 16(2):187–192.
- Kathiresan, K. & B.L. Bingham. 2001. Biology of Mangrove and Mangrove Ecosystems. Centre of advanced Study in Marine Biology, Annamalai University. Huxley College of Environmental Studies, Western Washington University. Annamalai, India.
- Kitamura, S., Anwar, C., Chaniago, A. dan Baba, S. 1997. Handbook of mangroves in Indonesia. Saritaksu, Denpasar. Bali.
- Koops HP, Pommerening-Röser A. 2001. Distribution and ecophysiology of the nitrifying bacteria emphasizing cultured species. *FEMS Microbiology Ecology* ;37(1):1–9.
- Kusmana, C., Onrizal dan Sudarmadji. 2003. Jenis-jenis pohon Mangrove di Teluk Bintuni Papua. Fakultas kehutanan IPB dan PT. Bintuni Utama Murni Wood Industries.
- Kusmana, C., A. Suryani, Y. Hartati dan P. Oktadiyani. 2009. Pemanfaatan jenis pohon Mangrove api-api (*Avicennia* spp.) sebagai bahan pangan dan Obat-obatan. IPB. Indonesia Wetlands. Species Mangrove. Diunduh tanggal 27 januari 2014.
- Leonard N, Blancheton JP, Guiraud JP. 2000. Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering* : 22(1):109–120.
- Lyla, P.S. & K.S. Ajmal. 2006. Marine Microbial Diversity and Ecology: Importance and Future Perspectives. *Current Science*. 90:1325-1335.
- Mahmudi, M. 2010. Estimasi Produksi Ikan Melalui Nutrien Serasah Daun Mangrove di Kawasan Reboisasi Rhizophora, Nguling, Pasuruan, Jawa Timur. *Ilmu Kelautan*. 15(4):231-235.
- Maria .D.C.M., M. Andrew, G.T.V. Antonia, S.F. Patricia & C.M.H. Leda. 2006. Chemical and microbiological characterization of mangrove sediment after a large oil-spill Guanabara Bay- Rj-Brazil. *Brazillan J. Microbiol.* 37:262-266.
- Maryam, S. 2010. Budidaya Super Intensif Ikan Nila merah (*Oreochromis* sp.) dengan Teknologi Bioflok: Profil Kualitas Air, Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, 66 hal.
- Mayo, A.W. dan Noike, T. 1996. Effects of temperature and pH on the growth of heterotrophic bacteria in waste stabilization ponds. *Water Research. Volume 30, Issue 2*. pp. 447 – 455.
- McGraw, William J. 2002. Utilization of Heterotrophic and Autotrophic Bacteria in Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate* 82-83.
- Najamuddin, M. 2008. Pengaruh Penambahan Doseis Karbon yang Berbeda terhadap Produksi Benih Ikan Patin (*Pangasius* sp.) pada Sistem Pendederan Intensif. Skripsi. Departemen Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor. 65 hal.
- Parwanayoni, M.N. 2008. Pergantian Populasi Bakteri Heterotrof, Algae, dan Protozoa di Lagoon BTDC Unit Penanganan Limbah Nusa Dua Bali. *Jurnal Bumi Lestari*, 8 (2) : 180-185.
- Romimohtarto, K. & S. Juwana. 2001. Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan tentang Biologi Laut. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Rosmaniar. 2011. Dinamika Biomassa Bakteri dan Kadar Limbah Nitrogen pada Budidaya Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Intensif Sistem Heterotrofik. Skripsi. Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta. 100 hal.

- Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H. dan Verreth, J.A.J. 2005. Protein Production by Heterotrophic Bacteria using Caron Supplemented Fish Wase. Paper presented in World Aquaculture 2005, Bali. Indonesia (Abstract).
- Siska, F., Sulistijorini, Kurmana, C. 2016. Litter Decomposition Rate of *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* in Pulau Dua Nature Reserve, Banten. The Journal of Tropical Life Science, vol.6 No.2 pp.91-96
- Sugita, H. Satoshi, U., DAiju, K., Yoshiaki, D. 1985. Changes in the bacterial composition of water in a carp rearing tank. Ins: Aquaculture. Elsevier. Amsterdam. 243-247 p.
- Takashima, F. 2000. Silvofishery: an Aquaculture system harmonized with the environment. In J.H. Primavera, L.M.B. Gracia, M.T. Xastanos dan M.B. Surtida (Eds), Mangrove Friendly Aquaculture: Proceedings of the Workshop on Mangrove-Friendly Aquaculture organized by the SEAFDEC Aquaculture Department, Januari 11-15, 1999. Iloilo City, Philippines (pp. 13-19).
- Tomlinson, P.B. 2016. The Botany of Mangrove 2nd ed. Cambridge University Press. Cambridge.
- Van FB, Meyer-Reil LA. 1982. Biomass and metabolic activity of heterotrophic marine bacteria. In: Advances in Microbial Ecology. Plenum Press, New York, USA. pp. 111–170.
- Willet ,D. dan Morrison, C. 2006. Using Molasses to control inorganic Nitrogen and pH in Aquaculture ponds. Page 6.
- Zamroni, Y. & I.S. Rohyani. 2008. Produksi Serasah Hutan Mangrove di Perairan Pantai Teluk Sepi.

Received : 01 Mei 2020

Reviewed : 20 Juni 2020

Accepted : 20 Juni 2020